



⑮ **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 198 46 766 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 198 46 766.4
㉔ Anmeldetag: 10. 10. 1998
㉕ Offenlegungstag: 20. 4. 2000

㉙ Int. Cl.⁷:
C 08 G 61/10
C 09 K 11/06
C 07 F 5/02
C 07 F 7/22
C 07 C 25/22
C 07 C 35/48
H 05 B 33/14
H 01 L 51/30

DE 198 46 766 A 1

㉚ Anmelder:

Aventis Research & Technologies GmbH & Co KG,
65929 Frankfurt, DE

㉛ Erfinder:

Spreitzer, Hubert, Dr., 65929 Frankfurt, DE; Becker,
Heinrich, Dr., 61479 Glashütten, DE; Kreuder, Willi,
Dr., 55126 Mainz, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

㉜ Konjugierte Polymere, enthaltend spezielle Fluorenbausteine mit verbesserten Eigenschaften

㉝ Die vorliegende Erfindung beschreibt neuartige Polymere, enthaltend Fluoren-Bausteine, die den Polymeren zugrundeliegenden monomeren Ausgangsverbindungen, sowie die Verwendung der erfindungsgemäßen Polymeren als organischer Halbleiter und/oder als Elektrolumineszenzmaterial sowie Elektrolumineszenzvorrichtung, enthaltend derartige Polymere.

DE 198 46 766 A 1

Es besteht ein hoher industrieller Bedarf an großflächigen Festkörper-Lichtquellen für eine Reihe von Anwendungen, überwiegend im Bereich von Anzeigeelementen, der Bildschirmtechnologie und der Beleuchtungstechnik. Die an diese Lichtquellen gestellten Anforderungen können zur Zeit von keiner der bestehenden Technologien völlig befriedigend gelöst werden.

Als Alternative zu herkömmlichen Anzeige- und Beleuchtungselementen, wie Glühlampen, Gasentladungslampen und nicht selbstleuchtenden Flüssigkristallanzeigeelementen, sind bereits seit einiger Zeit Elektrolumineszenz(EL)materialien und -vorrichtungen, wie lichtemittierende Dioden (LED), in Gebrauch.

Neben anorganischen sind seit etwa 30 Jahren auch niedermolekulare organische Elektrolumineszenzmaterialien und -vorrichtungen bekannt (siehe z. B. US-A-3,172,862). Bis vor kurzem waren aber solche Vorrichtungen in ihrer praktischen Verwendbarkeit stark eingeschränkt.

In WO 90/13148 und EP-A-0,443,861 sind Elektrolumineszenzvorrichtungen beschrieben, die einen Film aus einem konjugierten Polymer als lichtemittierende Schicht (Halbleiterschicht) enthalten. Solche Vorrichtungen bieten zahlreiche Vorteile wie die Möglichkeit, großflächige, flexible Displays einfach und kostengünstig herzustellen. Im Gegensatz zu Flüssigkristalldisplays sind Elektrolumineszenzdisplays selbstleuchtend und benötigen daher keine zusätzliche rückwärtige Beleuchtungsquelle.

Eine typische Vorrichtung nach WO 90/13148 besteht aus einer lichtemittierenden Schicht in Form eines dünnen, dichten Polymerfilms (Halbleiterschicht), der wenigstens ein konjugiertes Polymer enthält. Eine erste Kontaktschicht steht in Kontakt mit einer ersten Oberfläche, eine zweite Kontaktschicht mit einer weiteren Oberfläche der Halbleiterschicht. Der Polymerfilm der Halbleiterschicht hat eine genügend geringe Konzentration von extrinsischen Ladungsträgern, so daß beim Anlegen eines elektrischen Feldes zwischen den beiden Kontaktschichten Ladungsträger in die Halbleiterschicht eingebracht werden, wobei die eine Kontaktschicht positiv gegenüber der anderen wird, und die Halbleiterschicht Strahlung aussendet. Die in solchen Vorrichtungen verwendeten Polymere sind konjugiert. Unter konjugiertem Polymer versteht man ein Polymer, das ein delokalisiertes Elektronensystem entlang der Hauptkette besitzt. Das delokalisierte Elektronensystem verleiht dem Polymer Halbleitereigenschaften und gibt ihm die Möglichkeit, positive und/oder negative Ladungsträger mit hoher Mobilität zu transportieren.

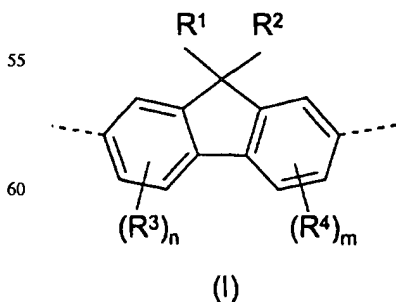
Für die Verwendung in EL-Elementen gemäß WO 90/13148 sind bereits sehr viele verschiedene Polymere vorgeschlagen worden. Besonders gut geeignet scheinen dabei Derivate des Poly(p-phenylen-vinylens)PPV zu sein. Derartige Polymere sind beispielsweise in WO 98/27136 beschrieben. Diese Polymere sind insbesondere für Elektrolumineszenz im grünen bis roten Spektralbereich geeignet. Im blauen bis blaugrünen Spektralbereich sind bisher hauptsächlich Polymere auf Basis des Polyp-phenylens (PPP) bzw. Polyfluorens (PF) vorgeschlagen worden. Entsprechende Polymere sind beispielsweise in EP-A-0,707,020, WO 97/05184 und WO 97/33323 beschrieben. Diese Polymere zeigen bereits gute EL-Eigenschaften, wobei die Entwicklung noch lange nicht abgeschlossen ist. So weisen Polymere im blauen bis blaugrünen Spektralbereich häufig noch das Phänomen der morphologischen Instabilität auf. Z. B. zeigen viele Polyfluorene flüssigkristallines oder verwandtes Verhalten, welches im dünnen Film zu Domänenbildung führen kann was wiederum zur Herstellung einer homogen leuchtenden Fläche ungeeignet ist. Auch neigen diese Polymere zur Aggregatbildung, was die Elektrolumineszenz ungewünscht in den langwelligeren Bereich verschiebt, sowie die Lebensdauer der EL-Elemente negativ beeinflusst.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher, Polymere bereitzustellen, die im blauen und blaugrünen Spektralbereich zur Emission geeignet sind und die gleichzeitig verbessertes morphologisches Verhalten aufweisen.

Überraschend wurde nun gefunden, daß durch die Wahl spezieller Substitutionsmuster in ansonsten typischen Polymeren, die hauptsächlich durch 2,7-Fluorenylbausteine aufgebaut sind, die morphologischen Eigenschaften signifikant verbessert werden ohne die guten Anwendungseigenschaften (Emissionsfarbe, Quantenausbeute der Emission, Verwendbarkeit in EL-Applikationen) zu verlieren.

Die erfindungsgemäßen Polymere enthalten Fluoreneinheiten, die durch ihr Substitutionsmuster geeignet sind, Aggregation im Film zu unterdrücken. Dies wird im besonderen dadurch erreicht, daß die 9,9-Position durch zwei verschiedenartige Aromaten substituiert ist. Dieses Ergebnis ist überraschend, vorallem im Hinblick auf Angaben in der wissenschaftlichen Literatur (G. Klärner et al., Adv. Mater. 1998, 10, 993), wonach der Einbau von Diphenylfluoreneinheiten in der Hauptkette keine derartigen Effekte ergibt. Dies bedeutet aber gerade auch, daß es sich als besonders günstig erwiesen hat, zwei unterschiedliche aromatische Substituenten an dieser Position einzuführen.

Gegenstand der Erfindung sind konjugierte Polymere, die Struktureinheiten der Formel (I),



worin

R^1, R^2 zwei verschiedene Substituenten aus der Gruppe C_2 - C_{40} -Heteroaryl, C_5 - C_{40} -Aryl darstellen; wobei die vorstehend genannten Aryle und/oder Heteroaryle mit einem oder mehreren Substituenten R^3 substituiert sein können;

verschiedenartig sollen die Aryle und/oder Heteroaryle im Sinne dieser Erfindung bereits sein, wenn sie sich durch die Art oder Stellung von Substituenten unterscheiden,

R^3 , R^4 gleich oder verschieden C_1 - C_{22} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Heteroaryl, C_5 - C_{20} -Aryl, F, Cl, CN, SO_3R^5 , NR^5R^6 ; dabei können die Alkylreste verzweigt oder unverzweigt sein oder auch Cycloalkyle darstellen; und einzelne, nicht benachbarte CH_2 -Gruppen des Alkylrestes durch O, S, C=O, COO, N- R^5 oder auch einfache Aryle ersetzt sein können, wobei die vorstehend genannten Aryle mit einem oder mehreren nichtaromatischen Substituenten R^3 substituiert sein können,

R^5 , R^6 gleich oder verschieden H, C_1 - C_{22} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Heteroaryl, C_5 - C_{20} -Aryl, dabei können die Alkylreste verzweigt oder unverzweigt sein oder auch Cycloalkyle darstellen; und einzelne, nicht benachbarte CH_2 -Gruppen des Alkylrestes durch O, S, C=O, COO, N- R^5 oder auch einfache Aryle ersetzt sein, wobei die vorstehend genannten Aryle mit einem oder mehreren nichtaromatischen Substituenten R^3 substituiert sein können, und

m, n jeweils eine ganze Zahl 0, 1, 2 oder 3, bevorzugt 0 oder 1 ist, enthalten.

Bevorzugt stehen R^1 , R^2 für zwei verschiedene Substituenten aus der Gruppe C_5 - C_{40} -Aryl, C_2 - C_{40} -Heteroaryl; wobei die vorstehend genannten Aryle bzw. Heteroaryle mit einem oder mehreren Substituenten R^3 substituiert sein können.

Das erfindungsgemäße Polymer enthält mindestens 10 Mol-%, vorzugsweise 10 Mol-% bis 100 Mol-%, an Struktureinheiten der Formel (I) statistisch, alternierend, periodisch, oder in Blöcken eingebaut.

Die erfindungsgemäßen Polymere sind vorzugsweise Copolymere bestehend aus einer oder mehrerer Struktureinheiten der Formel (I). In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung kann das erfindungsgemäße Polymer auch verschiedene Struktureinheiten der Formel (I) und weitere – für sich alleine nicht erfindungsgemäße – Struktureinheiten enthalten. Beispiele für derartige weitere Monomere sind 1,4-Phenylene, 4,4'-Biphenyle und weitere 2,7-Fluorene, die gegebenenfalls auch Substituenten tragen können, bevorzugt dabei verzweigte oder unverzweigte C_1 - C_{22} -Alkyl- oder Alkoxygruppen.

Die erfindungsgemäßen Polymere weisen im allgemeinen 10 bis 10.000, vorzugsweise 10 bis 5000, besonders bevorzugt 50 bis 5000, ganz besonders bevorzugt 50 bis 1000 Wiederholeinheiten auf.

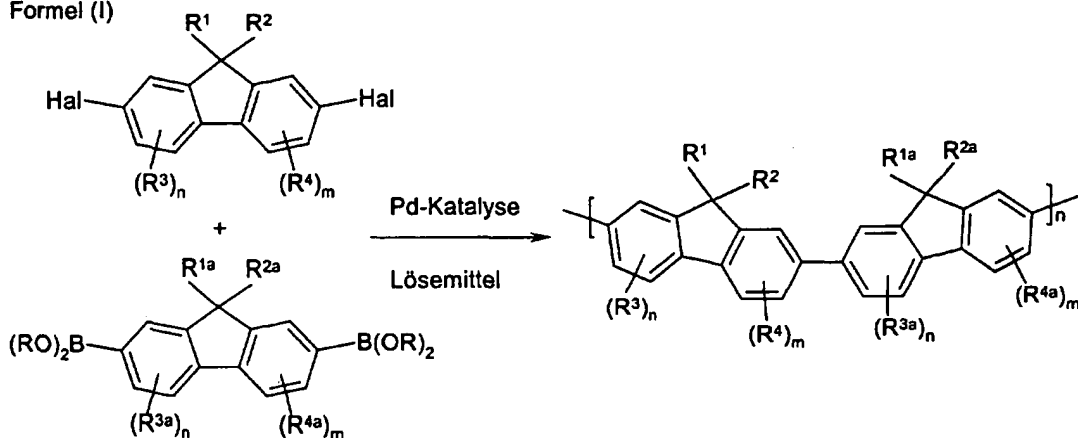
Besonders bevorzugt sind Polymere bei denen m, n gleich null sind.

Die erfindungsgemäßen Polymere lassen sich durch die unterschiedlichsten Reaktionen aufbauen. Bevorzugt sind jedoch einheitliche C-C-Kupplungsreaktion, z. B. Suzuki-Kondensation und Stille-Kondensation. Einheitliche C-C-Kupplungsreaktion soll in diesem Zusammenhang bedeuten, daß aus der Stellung der reaktiven Gruppen in den entsprechenden Monomeren die Verknüpfung in den Polymeren festgelegt ist. Dies ist besonders gut durch die o. g. Reaktionen, die sich wegen des sauberen Ablaufs sehr gut eignen, gegeben. Geeignet ist weiterhin die Nickel katalysierte Kupplung von Halogenaromaten (Yamamoto-Kupplung). Weniger gut sind hingegen oxidative Verfahren (z. B. Oxidative Kupplung mit Fe(III)-Salzen) geeignet, da diese zu undefinierten Verknüpfungen führen.

Aus oben gesagtem resultiert auch die bevorzugte Wahl der Monomere: diese stellen die entsprechenden Bishalogen-, Bispseudohalogen- (d. h. im Sinne dieser Erfindung z. B. Bis-Triflat, Bis-Nonaflat, Bis-Tosylat), Bisboronsäure-, Bistannat-, Monohalogen-monoboronsäure-, Monohalogen-monostannatderivate der Verbindungen gemäß Formel (I) und Formel (II) dar.

Die Synthese der erfindungsgemäßen Polymere ist beispielhaft durch das nachfolgende Schema 1 wiedergegeben:

Formel (I)



Formel (II)

Der Rest R bedeutet im vorstehenden Schema Wasserstoff oder einen beliebigen organischen Rest, vorzugsweise einen Rest mit 1 bis 40 Kohlenstoffatomen.

Beispiele hierfür sind entsprechende Alkylreste, z. B. Methyl oder Butyl. Des weiteren kann R für einen aromatischen Rest mit 5 bis 30 Kohlenstoffatomen stehen, der gegebenenfalls substituiert sein kann. Der Rest R^{1a} entspricht in seiner Definition dem Rest R^1 . Der Rest R^{2a} entspricht in seiner Definition dem Rest R^2 . Der Rest R^{3a} entspricht in seiner Definition dem Rest R^3 . Der Rest R^{4a} entspricht in seiner Definition dem Rest R^4 .

In Schema 1 ist die Polymerisation via Suzuki-Kupplung angegeben. Es sei ausdrücklich darauf verwiesen, daß es sich hierbei nur um eine mögliche Ausführungsform handelt. Es sind natürlich auch andere Kombinationen von Boronsäuren und Halogenen/Pseudohalogenen ausführbar. Analog ist mit entsprechenden Zinnverbindungen auch die Polymerisation nach Stille durchzuführen.

Die Polymerisation gemäß Suzuki ist wie folgt vorzunehmen:

Die der Struktureinheit der Formel (I) zugrundeliegenden Monomere (und gegebenenfalls weitere zusätzliche Monomere mit entsprechenden aktiven Abgangsgruppen) werden in einem inerten Lösungsmittel bei einer Temperatur im Bereich von 0°C bis 200°C in Gegenwart eines Palladiumkatalysators zur Reaktion gebracht. Dabei ist darauf zu achten, daß die Gesamtheit aller verwendeten Monomere ein möglichst ausgeglichenes Verhältnis an Boronsäurefunktionen zu Halogen- bzw. Pseudohalogenfunktionen aufweist. Es kann sich zudem als vorteilhaft erweisen, am Ende der Reaktion durch Endcapping mit monofunktionellen Reagenzien eventuell überschüssige reaktive Gruppen zu entfernen.

Zur Durchführung der angegebenen Reaktion mit Boronsäure(ester)n werden die aromatischen Borverbindungen, die aromatischen Halogenverbindungen, eine Base und katalytische Mengen des Palladiumkatalysators in Wasser oder in ein oder mehrere inerte organische Lösungsmittel oder vorzugsweise in eine Mischung aus Wasser und einem oder mehreren inerten organischen Lösungsmitteln gegeben und bei einer Temperatur von 0 bis 200°C, bevorzugt bei 30 bis 170°C, besonders bevorzugt bei 50 bis 150°C, insbesondere bevorzugt bei 60 bis 120°C für einen Zeitraum von 1 h bis 200 h, bevorzugt 5 h bis 150 h, besonders bevorzugt 24 h bis 120 h, gerührt. Es kann sich dabei auch als vorteilhaft erweisen, eine Art von Monomer (z. B. ein Bisboronsäurederivat) kontinuierlich oder diskontinuierlich über einen längeren Zeitraum langsam zuzudosieren, um damit das Molekulargewicht zu regeln. Das Rohprodukt kann nach dem Fachmann bekannten und dem jeweiligen Polymer angemessenen Methoden, z. B. mehrfaches Umfällen bzw. auch durch Dialyse gereinigt werden.

Für das beschriebene Verfahren geeignete organische Lösungsmittel sind beispielsweise Ether, z. B. Diethylether, Dimethoxyethan, Diethylenglykoldimethylether, Tetrahydrofuran, Dioxan, Dioxolan, Diisopropylether, tert.-Butylmethylether, Kohlenwasserstoffe, z. B. Hexan, iso-Hexan, Heptan, Cyclohexan, Toluol, Xylol, Alkohole, z. B. Methanol, Ethanol, 1-Propanol, 2-Propanol, Ethylenglykol, 1-Butanol, 2-Butanol, tert.-Butanol, Ketone, z. B. Aceton, Ethylmethylketon, iso-Butylmethylketon, Amide, z. B. Dimethylformamid, Dimethylacetamid, N-Methylpyrrolidon, Nitrile, z. B. Acetonitril, Propionitril, Butyronitril, und Mischungen derselben.

Bevorzugte organische Lösungsmittel sind Ether, wie Dimethoxyethan, Diethylenglykoldimethylether, Tetrahydrofuran, Dioxan, Diisopropylether, t-Butylmethylether, Kohlenwasserstoffe, wie Hexan, Heptan, Cyclohexan, Toluol, Xylol, Alkohole, wie Methanol, Ethanol, 1-Propanol, 2-Propanol, 1-Butanol, 2-Butanol, tert.-Butanol, Ethylenglykol, Ketone, wie Ethylmethylketon, iso-Butylmethylketon, Amide, wie Dimethylformamid, Dimethylacetamid, N-Methylpyrrolidon und Mischungen derselben.

Besonders bevorzugte Lösungsmittel sind Ether, z. B. Dimethoxyethan, Tetrahydrofuran, Kohlenwasserstoffe, z. B. Cyclohexan, Toluol, Xylol, Alkohole, z. B. Ethanol, 1-Propanol, 2-Propanol, 1-Butanol, tert.-Butanol und Mischungen derselben.

In einer besonders bevorzugten Variante werden bei dem beschriebenen Verfahren Wasser und ein oder mehrere Lösungsmittel eingesetzt. Beispiele sind Mischungen aus Wasser und Toluol, Wasser, Toluol und Tetrahydrofuran sowie Wasser, Toluol und Ethanol.

Basen, die bei dem beschriebenen Verfahren vorzugsweise Verwendung finden sind Alkali- und Erdalkalimetallhydroxide, Alkali- und Erdalkalimetallcarbonate, Alkalimetallhydrogencarbonate, Alkali- und Erdalkalimetallacetate, Alkali- und Erdalkalimetallalkoholate, sowie primäre, sekundäre und tertiäre Amine.

Besonders bevorzugt sind Alkali- und Erdalkalimetallhydroxide, Alkali- und Erdalkalimetallcarbonate und Alkalimetallhydrogencarbonate.

Insbesondere bevorzugt sind Alkalimetallhydroxide, wie Natriumhydroxid und Kaliumhydroxid, sowie Alkalimetallcarbonate und Alkalimetallhydrogencarbonate, wie Lithiumcarbonat, Natriumcarbonat und Kaliumcarbonat.

Die Base wird bei dem angegebenen Verfahren bevorzugt mit einem Anteil von 100 bis 1000 Mol-%, besonders bevorzugt 100 bis 500 Mol-%, ganz besonders bevorzugt 150 bis 400 Mol-%, insbesondere 180 bis 250 Mol-%, bezogen auf Borgruppen, eingesetzt.

Der Palladiumkatalysator enthält Palladiummetall oder eine Palladium (0) oder (II) Verbindung und einen Komplexliganden, vorzugsweise einen Phosphanliganden. Die beiden Komponenten können eine Verbindung bilden, z. B. das besonders bevorzugte $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$, oder getrennt eingesetzt werden.

Als Palladiumkomponente eignen sich beispielsweise Palladiumverbindungen, wie Palladiumketonate, Palladiumacetylacetonate, Nitrilpalladiumhalogenide, Olefinpalladiumhalogenide, Palladiumhalogenide, Allylpalladiumhalogenide und Palladiumbiscarboxylate, bevorzugt Palladiumketonate, Palladiumacetylacetonate, bis- η^2 -Olefinpalladiumdihalogenide, Palladium(II)halogenide, η^3 -Allylpalladiumhalogenid Dimere und Palladiumbiscarboxylate, ganz besonders bevorzugt Bis(dibenzylidenacetone)palladium(0) $[\text{Pd}(\text{dba})_2]$, $\text{Pd}(\text{dba})_2 \cdot \text{CHCl}_3$, Palladiumbisacetylacetonat, Bis(benzonitril)palladiumdichlorid, PdCl_2 , Na_2PdCl_4 , Dichlorobis(dimethylsulfoxid)palladium(II), Bis(acetonitril)palladiumdichlorid, Palladium-II-acetat, Palladium-II-propionat, Palladium-II-butanoat und (1c,5c-Cyclooctadien)palladiumdichlorid.

Ebenso als Katalysator dienen kann Palladium in metallischer Form, im folgenden nur Palladium genannt, vorzugsweise Palladium in pulverisierter Form oder auf einem Trägermaterial, z. B. Palladium auf Aktivkohle, Palladium auf Aluminiumoxid, Palladium auf Bariumcarbonat, Palladium auf Bariumsulfat, Palladium auf Aluminiumsilikaten, wie Montmorillonit, Palladium auf SiO_2 und Palladium auf Calciumcarbonat, jeweils mit einem Palladiumgehalt von 0,5 bis 10 Gew.-%. Besonders bevorzugt sind Palladium in kolloidaler oder pulverisierter Form, Palladium auf Aktivkohle, Palladium auf Barium- und/oder Calciumcarbonat und Palladium auf Bariumsulfat, jeweils mit einem Palladiumgehalt von 0,5 bis 10 Gew.-%, insbesondere bevorzugt ist Palladium auf Aktivkohle mit einem Palladiumgehalt von 5 oder 10 Gew.-%.

Der Palladiumkatalysator wird bei dem erfindungsgemäßen Verfahren mit einem Anteil von 0,01 bis 10 Mol-%, bevorzugt 0,05 bis 5 Mol-%, besonders bevorzugt 0,1 bis 3 Mol-%, insbesondere bevorzugt 0,1 bis 1,5 Mol-%, bezogen auf die Halogengruppen, eingesetzt.

Für das Verfahren geeignete Liganden sind beispielsweise Phosphane, wie Trialkylphosphane, Tricycloalkylphosphane, Triarylphosphane, wobei die drei Substituenten am Phosphor gleich oder verschieden, chiral oder achiral sein können und wobei einer oder mehrere der Liganden die Phosphorgruppen mehrerer Phosphane verknüpfen können und wobei ein Teil dieser Verknüpfung auch ein oder mehrere Metallatome sein können.

Beispiele für im Rahmen des hier beschriebenen Verfahrens verwendbare Phosphane sind Trimethylphosphan, Tributylphosphan, Tricyclohexylphosphan, Triphenylphosphan, Tritolylphosphan, Tris-(4-dimethylaminophenyl)phosphan, Bis(diphenylphosphano)methan, 1,2-Bis(diphenylphosphano)ethan, 1,3-Bis(diphenylphosphano)propan und 1,1'-Bis(diphenylphosphano)ferrocen.

Weitere geeignete Liganden sind beispielsweise Diketone, z. B. Acetylaceton und Octafluoracetylaceton und tert. Amine, z. B. Trimethylamin, Triethylamin, Tri-n-propylamin und Triisopropylamin.

Bevorzugte Liganden sind Phosphane und Diketone, besonders bevorzugt sind Phosphane.

Ganz besonders bevorzugte Liganden sind Triphenylphosphan, 1,2-Bis(diphenylphosphano)ethan, 1,3-Bis(diphenylphosphano)propan und 1,1'-Bis(diphenylphosphano)ferrocen, insbesondere Triphenylphosphan.

Für das Verfahren weiterhin geeignet sind wasserlösliche Liganden, die beispielsweise Sulfonsäuresalz- und/oder Sulfonsäurereste und/oder Carbonsäuresalz- und/oder Carbonsäurereste und/oder Phosphonsäuresalz und/oder Phosphonsäurereste und/oder Phosphoniumgruppen und/oder Peralkylammoniumgruppen und/oder Hydroxygruppen und/oder Polyethergruppen mit geeigneter Kettenlänge enthalten.

Bevorzugte Klassen von wasserlöslichen Liganden sind mit den obigen Gruppen substituierte Phosphane, wie Trialkylphosphane, Tricycloalkylphosphane, Triarylphosphane, Dialkylarylphosphane, Alkyldiarylphosphane und Heteroarylphosphane wie Tripyridylphosphan und Trifurylphosphan, wobei die drei Substituenten am Phosphor gleich oder verschieden, chiral oder achiral sein können und wobei einer oder mehrere der Liganden die Phosphorgruppen mehrerer Phosphane verknüpfen können und wobei ein Teil dieser Verknüpfung auch ein oder mehrere Metallatome sein können, Phosphite, Phosphinigsäureester und Phosphonigsäureester, Phosphole, Dibenzophosphole und Phosphoratome enthaltende cyclische bzw. oligo- und polycyclische Verbindungen.

Der Ligand wird bei dem Verfahren mit einem Anteil von 0,1 bis 20 Mol %, bevorzugt 0,2 bis 15 Mol %, besonders bevorzugt 0,5 bis 10 Mol %, insbesondere bevorzugt 1 bis 6 Mol %, bezogen auf die aromatischen Halogengruppen, eingesetzt. Es können gegebenenfalls auch Mischungen zweier oder mehrerer verschiedener Liganden eingesetzt werden.

Vorteilhafte Ausführungsformen des beschriebenen Verfahrens der Suzuki-Variante sind für niedermolekulare Kupplungen z. B. in WO 94/101 05, EP-A-679 619, WO-A-694 530 und PCT/EP 96/03154 beschrieben, auf die hiermit ausdrücklich Bezug genommen wird. Sie gelten durch Zitat als Bestandteil der Beschreibung dieser Anmeldung.

Die Polymerisation gemäß Stille ist wie folgt vorzunehmen:

Die den Struktureinheiten der Formel (I) und (II) zugrundeliegenden Monomeren (und gegebenenfalls weitere Monomere mit entsprechenden aktiven Abgangsgruppen) werden in einem inerten Lösungsmittel bei einer Temperatur im Bereich von 0°C bis 200°C in Gegenwart eines Palladiumkatalysators zur Reaktion gebracht. Dabei ist darauf zu achten, daß die Gesamtheit aller verwendeten Monomere ein möglichst ausgeglichenes Verhältnis an Zinnorganylfunktionen zu Halogen- bzw. Pseudohalogenfunktionen aufweist. Es kann sich zudem als vorteilhaft erweisen, am Ende der Reaktion durch Endcapping mit monofunktionellen Reagenzien eventuell überschüssige reaktive Gruppen zu entfernen.

Ein Überblick über diese Reaktion findet sich z. B. bei J. K. Stille, Angew. Chemie Int. Ed. Engl. 1986, 25, 508.

Zur Durchführung des Verfahrens werden bevorzugt aromatische Zinnverbindungen, aromatische Halogenverbindungen, in ein oder mehrere inerte organische Lösungsmittel gegeben und bei einer Temperatur von 0°C bis 200°C, bevorzugt bei 30°C bis 170°C, besonders bevorzugt bei 50°C bis 150°C, insbesondere bevorzugt bei 60°C bis 120°C für einen Zeitraum von 1 h bis 200 h, bevorzugt 5 h bis 150 h, besonders bevorzugt 24 h bis 120 h, gerührt. Es kann sich dabei auch als vorteilhaft erweisen, eine Art von Monomer (z. B. ein Bisstannylderivat) kontinuierlich oder diskontinuierlich über einen längeren Zeitraum langsam zuzudosieren, um damit das Molekulargewicht zu regeln. Das Rohprodukt kann nach dem Fachmann bekannten und dem jeweiligen Polymer angemessenen Methoden, z. B. mehrfaches Umfällen bzw. auch durch Dialyse gereinigt werden.

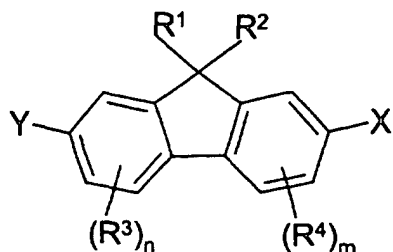
Für das beschriebene Verfahren geeignete organische Lösungsmittel sind beispielsweise Ether, z. B. Diethylether, Dimethoxyethan, Diethylenglykoldimethylether, Tetrahydrofuran, Dioxan, Dioxolan, Diisopropylether, tert.-Butylmethylether, Kohlenwasserstoff, z. B. Hexan, iso-Hexan, Heptan, Cyclohexan, Benzol, Toluol, Xylol, Alkohole, z. B. Methanol, Ethanol, 1-Propanol, 2-Propanol, Ethylenglykol, 1-Butanol, 2-Butanol, tert.-Butanol, Ketone, z. B. Aceton, Ethylmethylketon, iso-Butylmethylketon, Amide, z. B. Dimethylformamid (DMF), Dimethylacetamid, N-Methylpyrrolidon, Nitrile, z. B. Acetonitril, Propionitril, Butyronitril und Mischungen derselben.

Bevorzugte organische Lösungsmittel sind Ether, wie Dimethoxyethan, Diethylenglykoldimethylether, Tetrahydrofuran, Dioxan, Diisopropylether, Kohlenwasserstoffe, wie Hexan, Heptan, Cyclohexan, Benzol, Toluol, Xylol, Alkohole, wie Methanol, Ethanol, 1-Propanol, 2-Propanol, 1-Butanol, 2-Butanol, tert.-Butanol, Ethylenglykol, Ketone, wie Ethylmethylketon, oder Amide, wie DMF.

Besonders bevorzugte Lösungsmittel sind Amide, ganz besonders bevorzugt ist DMF.

Die Palladium- und die Phosphinkomponente sind analog zu der Beschreibung für die Suzuki-Variante zu wählen.

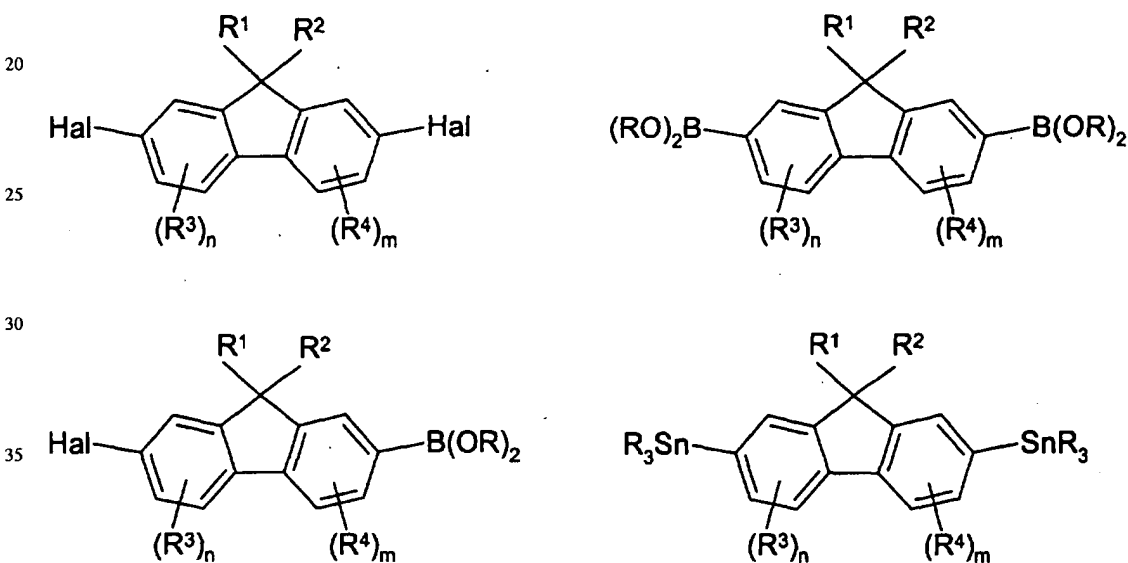
Weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind die dem erfindungsgemäßen Polymeren zugrundeliegenden monomeren Vorprodukte. Diese werden durch die Formel (A)



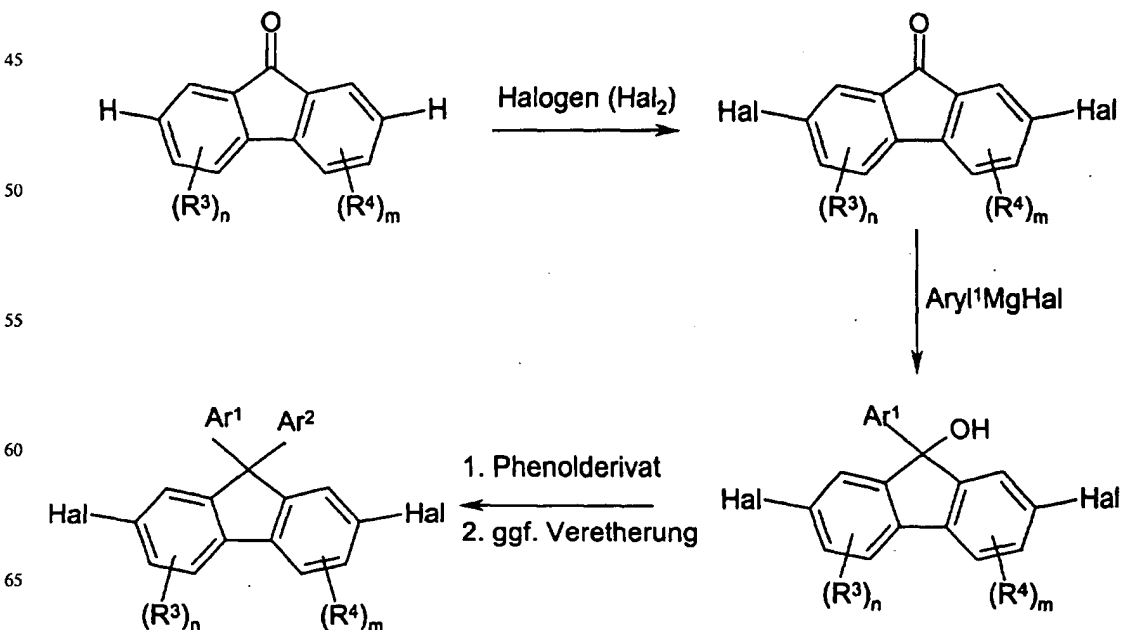
worin

- R^1, R^2 zwei verschiedene Substituenten aus der Gruppe C_2-C_{40} -Heteroaryl, C_5-C_{40} -Aryl darstellen; wobei die vorstehend genannten Aryle bzw. Heteroaryle mit einem oder mehreren Substituenten R^3 substituiert sein können; verschiedenartig sollen die Aryle bzw. Heteroaryle im Sinne dieser Erfindung bereits sein, wenn sie sich durch die Art oder Stellung von Substituenten unterscheiden;
- 5 R^3, R^4 gleich oder verschieden C_1-C_{22} -Alkyl, C_2-C_{20} -Heteroaryl, C_5-C_{20} -Aryl, F, Cl, CN, SO_3R^5 , NR^5R^6 ; dabei können die Alkylreste verzweigt oder unverzweigt sein oder auch Cycloalkyle darstellen; und einzelne, nicht benachbarte CH_2 -Gruppen des Alkylrestes durch O, S, C=O, COO, N- R^5 oder auch einfache Aryle ersetzt sein können, wobei die vorstehend genannten Aryle mit einem oder mehreren nichtaromatischen Substituenten R^3 substituiert sein können,
- 10 R^5, R^6 gleich oder verschieden H, C_1-C_{22} -Alkyl, C_2-C_{20} -Heteroaryl, C_5-C_{20} -Aryl; dabei können die Alkylreste verzweigt oder unverzweigt sein oder auch Cycloalkyle darstellen; und einzelne, nicht benachbarte CH_2 -Gruppen des Alkylrestes durch O, S, C=O, COO, N- R^5 oder auch einfache Aryle ersetzt sein, wobei die vorstehend genannten Aryle mit einem oder mehreren nichtaromatischen Substituenten R^3 substituiert sein können, und m, n jeweils eine ganze Zahl 0, 1, 2 oder 3, bevorzugt 0 oder 1 ist,
- 15 X, Y gleich oder verschieden Halogen, bevorzugt Cl, Br oder I, $B(OR^7)_2$ oder $SnR^7R^8R^9$,
 R^7, R^8, R^9 gleich oder verschieden H, C_1-C_6 -Alkyl, wobei zwei Reste auch einen gemeinsamen Ring bilden können und diese Reste auch verzweigt oder unverzweigt sein können.

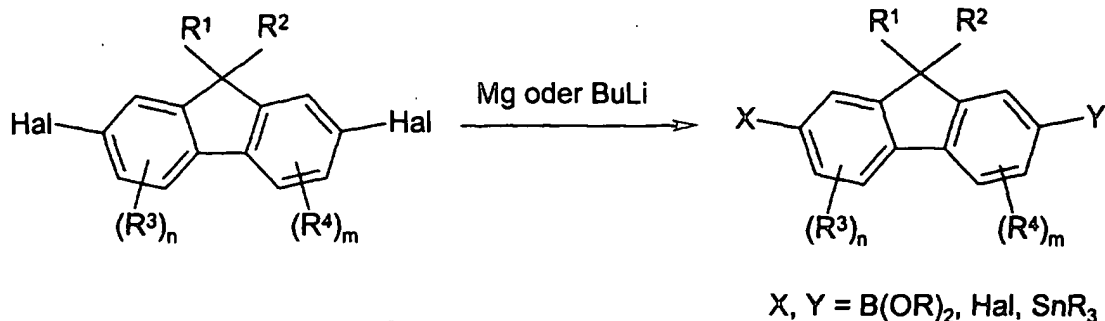
Beispielhafte Monomere sind im nachfolgenden Schema 2 aufgeführt:



Die geeigneten 9-Aryl¹-9-aryl²-fluorenmonomere sind beispielhaft wie im folgenden Schema 3 beschrieben zu synthetisieren:



In den vorstehenden Formel steht Ar^1 für einen Rest R^1 und Ar^2 für einen Rest R^2 .

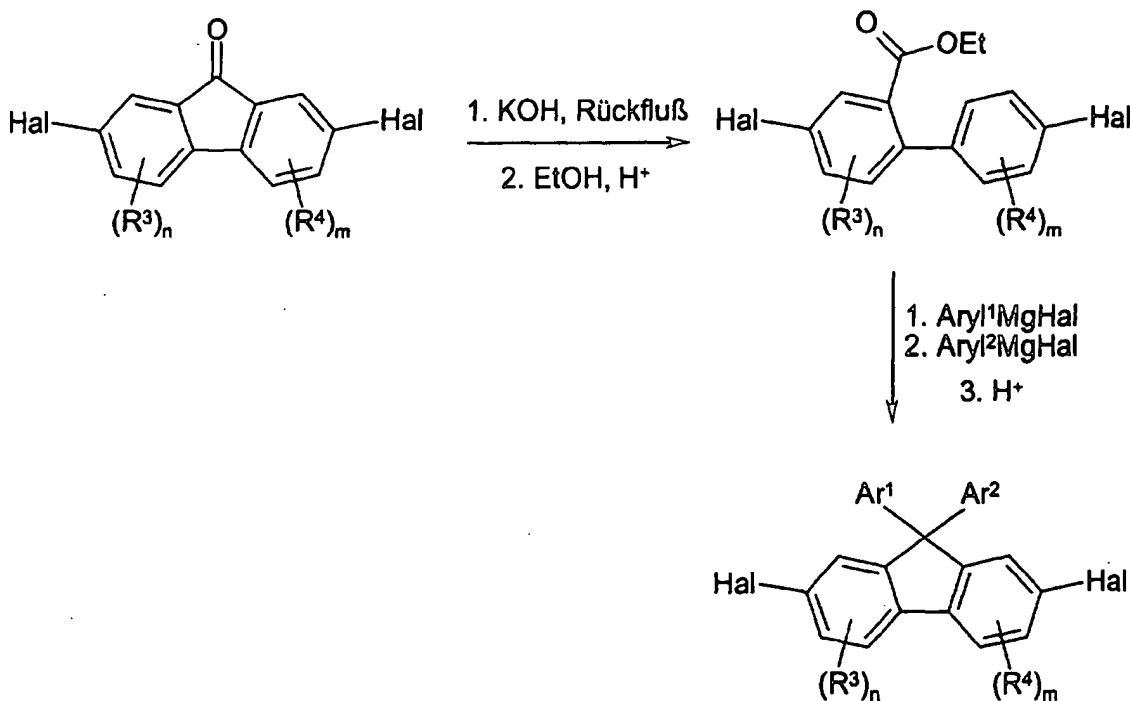


Der Rest R hat die gleiche Bedeutung wie vorstehend definiert (Schema 1 und 2). Demzufolge sind einfache Fluorenderivate zu halogenieren. Für $m, n = 0$ entspricht dies der Halogenierung von Fluorenon. 2,7-Dibromfluorenon beispielsweise ist kommerziell erhältlich (z. B. Aldrich). Anschließend kann eine erste Arylgruppe durch die übliche Grignard-Reaktion eingeführt werden. Dies kann beispielsweise gemäß den Beschreibungen im Organikum (15. Auflage, 1977, Seite 623) geschehen.

Anschließend kann ein Phenolderivat sauer katalysiert addiert werden. Dies kann analog den Beschreibungen in WO 92/07812 geschehen. Die dadurch erhaltene Verbindung kann verethert werden. Dies kann z. B. der Williamson'schen Methode folgend geschehen (vgl. Organikum, 15. Auflage, 1977, Seite 253).

Die dadurch erhaltenen Verbindungen (Bishalogenfluorenderivate) sind bereits als Monomere verwendbar. Durch eine weitere Umsetzung (Metallierung mit anschließender Reaktion entweder mit Borsäureester oder Trialkylzinnhalogenid) sind weitere Monomere zu gewinnen: Fluorenbisboronsäurederivate, Fluorenbisstannate bzw. bei entsprechender Stöchiometrie auch Monohalogenfluorenmonoboronsäurederivate bzw. Monohalogenfluorenmonostannate. Diese letztgenannten Umsetzung können nach Standardverfahren durchgeführt werden, wie sie beispielsweise in WO 98/27136 beschrieben sind.

Eine andere Methode ist dem folgenden Schema zu entnehmen:



Für die Rest gilt hierbei $\text{Aryl}^1 = \text{Ar}^1 = \text{R}^1$ und $\text{Aryl}^2 = \text{Ar}^2 = \text{R}^2$.

Ausgehend von bishalogenierten Fluorenderivaten (vgl. obige) können zunächst als Zwischenprodukt 4,4'-Dihalogensbiphenyl-2-carbonsäureesterderivate durch basische Ringöffnung mit anschließender Veresterung erhalten werden. Diese Verbindungen können dann durch Umsetzung mit zwei verschiedenen Aryl-Grignard-Reagenzien, wobei sich die zwischenzeitliche Hydrolyse, um das entsprechende Keton als Intermediat zu isolieren, als hilfreich erwiesen hat, und anschließende saure Cyclisierung zu den gewünschten Fluorenderivaten umgesetzt werden.

Wie schon oben beschrieben ist hier eine weitere Umsetzung zu den entsprechenden Fluorenbisboronsäurederivaten, Fluorenbisstannaten bzw. Monohalogenfluorenmonoboronsäurederivaten bzw. Monohalogenfluorenmonostannaten möglich.

Damit ist nun gezeigt, daß Monomere, die bevorzugt durch die oben beschriebenen Polymerisationsmethoden zu er-

findungsgemäßen Polymeren umgesetzt werden können, leicht zugänglich sind.

Die so erhaltenen Polymere eignen sich ganz besonders bevorzugt als organischer Halbleiter und insbesondere als Elektrolumineszenzmaterialien.

Als Elektrolumineszenzmaterialien im Sinne der Erfindung gelten Materialien, die als aktive Schicht in einer Elektrolumineszenzvorrichtung Verwendung finden können. Aktive Schicht bedeutet, daß die Schicht befähigt ist, bei Anlegen eines elektrischen Feldes Licht abzustrahlen (lichtemittierende Schicht) und/oder daß sie die Injektion und/oder den Transport der positiven und/oder negativen Ladungen verbessert (Ladungsinjektions- oder Ladungstransportschicht).

Gegenstand der Erfindung ist daher auch die Verwendung eines erfindungsgemäßen Polymers als Elektrolumineszenzmaterial sowie als organischer Halbleiter.

Um als Elektrolumineszenzmaterialien Verwendung zu finden, werden die erfindungsgemäßen Polymere im allgemeinen nach bekannten, dem Fachmann geläufigen Methoden, wie Eintauchen (Dipping) oder Lackschleudern (Spincoating), in Form eines Films auf ein Substrat aufgebracht.

Gegenstand der Erfindung ist somit ebenfalls eine Elektrolumineszenzvorrichtung mit einer oder mehreren aktiven Schichten, wobei mindestens eine dieser aktiven Schichten ein oder mehrere erfindungsgemäße Polymere enthält. Die aktive Schicht kann beispielsweise eine lichtemittierende Schicht und/oder eine Transportschicht und/oder eine Ladungsinjektionsschicht sein.

Der allgemeine Aufbau solcher Elektrolumineszenzvorrichtungen ist beispielsweise in US-A-4,539,507 und US-A-5,151,629 beschrieben. Polymere enthaltende Elektrolumineszenzvorrichtungen sind beispielsweise in WO 90/13148 oder EP-A-0,443,861 beschrieben.

Sie enthalten üblicherweise eine elektrolumineszierende Schicht zwischen einer Kathode und einer Anode, wobei mindestens eine der Elektroden transparent ist. Zusätzlich können zwischen der elektrolumineszierenden Schicht und der Kathode eine oder mehrere Elektroneninjektions- und/oder Elektronentransportschichten eingebracht sein und/oder zwischen der elektrolumineszierenden Schicht und der Anode eine oder mehrere Lochinjektions- und/oder Lochtransportschichten eingebracht sein. Als Kathode können vorzugsweise Metalle oder metallische Legierungen, z. B. Ca, Sr, Ba, Mg, Al, In, Mg/Ag dienen. Als Anode können Metalle, z. B. Au, oder andere metallisch leitende Stoffe, wie Oxide, z. B. ITO (Indiumoxid/Zinnoxid) auf einem transparentem Substrat, z. B. aus Glas oder einem transparenten Polymer, dienen.

Im Betrieb wird die Kathode auf negatives Potential gegenüber der Anode gesetzt. Dabei werden Elektronen von der Kathode in die Elektroneninjektionsschicht-/Elektronentransportschicht bzw. direkt in die lichtemittierende Schicht injiziert. Gleichzeitig werden Löcher von der Anode in die Lochinjektionsschicht/Lochtransportschicht bzw. direkt in die lichtemittierende Schicht injiziert.

Die injizierten Ladungsträger bewegen sich unter dem Einfluß der angelegten Spannung durch die aktiven Schichten aufeinander zu. Dies führt an der Grenzfläche zwischen Ladungstransportschicht und lichtemittierender Schicht bzw. innerhalb der lichtemittierenden Schicht zu Elektronen/Loch-Paaren, die unter Aussendung von Licht rekombinieren. Die Farbe des emittierten Lichtes kann durch die als lichtemittierende Schicht verwendeten Materialien variiert werden.

Elektrolumineszenzvorrichtungen finden Anwendung z. B. als selbstleuchtende Anzeigeelemente, wie Kontrollampen, alphanumerische Displays, monochromen oder multichromen Matrixdisplays, Hinweisschilder, elektrooptischen Speichern und in optoelektronischen Kopplern.

In der vorliegenden Anmeldung sind verschiedene Dokumente zitiert, beispielsweise um das technische Umfeld der Erfindung zu illustrieren. Auf alle diese Dokumente wird hiermit ausdrücklich Bezug genommen, sie gelten durch Zitat als Bestandteil der vorliegenden Anmeldung.

Die Erfindung wird durch die Beispiele näher erläutert, ohne sie dadurch einschränken zu wollen.

A) Synthese der Monomeren

1. Herstellung der erfindungsgemäßen Monomeren

Beispiel M1

Darstellung von 2,7-Dibrom-9-(2,5-dimethylphenyl)-9-[4-(3,7-dimethyloctyloxy)phenyl]fluoren

i) 2,7-Dibrom-9-(2,5-dimethylphenyl)fluoren-9-ol

Das Grignardreagenz von 102 g Brom-p-xylol, dargestellt in üblicher Weise in THF, wurde zu einer Suspension von 2,7-Dibromfluoren-9-ol (169 g) in 500 ml THF bei 5–15°C zugetropft. Anschließend wurde der Ansatz für zwei Stunden zum Rückfluß erhitzt. Zur Hydrolyse wurde mit ca. 1200 ml Eiswasser und 30 ml konz. Schwefelsäure versetzt. Die Phasen wurden getrennt, die wäßrige Phase mehrfach mit Ethylacetat rückgeschüttelt und die vereinigten organischen Phasen nochmals mit Wasser rückgeschüttelt. Nach Trocknung über Na₂SO₄ wurde das Lösemittel abgezogen und das erhaltene Rohprodukt aus Ethanol umkristallisiert.

Ausbeute: 163 g (73%)

¹H NMR (d₆-DMSO): [ppm] δ = 8.05 (s (br), 1 H, OH), 7.85 (d, 2 H, H-4, J = 8 Hz), 7.60 (dd, 2 H, H-3, J₁ = 1 Hz, J₂ = 8 Hz), 7.15 (d, 2 H, H-1, J = 2 Hz), 7.02 (dd (br), 1 H, H-4', J₁ = 2 Hz, J₂ = 8 Hz), 6.85 (d, 1 H, H-3', J = 7.5 Hz), 6.48 (s (br), 1 H, H-6'), 2.38 (s, 3 H, Me), 1.2 (s (br), 3 H, Me).

ii) 2,7-Dibrom-9-(2,5-dimethylphenyl)-9-(4-hydroxyphenyl)fluoren

9.5 g Phenol wurden mit 22.2 g 2,7-Dibrom-9-(2,5-dimethylphenyl)fluoren-9-ol, 25 ml Toluol und 0.1 ml Mercaptopropionsäure vermischt. Anschließend wurden 5 ml konz. Schwefelsäure zugetropft. Der Ansatz wurde dann für ca. 2 h bei 60°C gerührt, schließlich mit 100 ml MeOH und 100 ml Wasser versetzt. Der Feststoff wurde abgesaugt und durch

Ausrühren mit Ethanol weiter gereinigt.

Ausbeute: 16 g (61%)

$^1\text{H NMR}$ (d_6 -DMSO): [ppm] δ = 9.4 (s (br), 1 H, OH), 7.92 (d, 2 H, HA, J = 8 Hz), 7.60 (dd, 2 H, H-3, J_1 = 1 Hz, J_2 = 8 Hz), 7.45 (d, 2 H, H-1, J = 2 Hz), 6.98 (m, 4 H, H-2", H-3', H-4'), 6.87 (s (br), 1 H, H-6'), 6.67 (Teil eines AA'BB', 2 H, H-3"), 2.17 (s, 3 H, Me), 1.38 (s (br), 3 H, Me).

5

iii) 2,7-Dibrom-9-(2,5-dimethylphenyl)-9-[4-(3,7-dimethyloctyloxy)phenyl]fluoren

52 g 2,7-Dibrom-9-(2,5-dimethylphenyl)-9-(4-hydroxyphenyl)fluoren wurden mit 18 g 3,7-Dimethyloctylchlorid, 80 ml Ethanol, 7 g KOH, 1 g NaI für 5 Tage refluxiert. Nach DC war die Reaktion nach dieser Zeit beendet. Das Lösemittel wurde abgezogen, mit Ethylacetat versetzt und der Niederschlag wurde abgesaugt. Dieser wurde noch mehrfach mit Ethylacetat nachgewaschen. Die organische Phase wurde getrocknet und das Lösemittel wurde abgezogen.

10

Das Produkt wurde durch doppelte Destillation am Kurzwegverdampfer (10^{-3} mbar; 1. Destillation zur Trocknung: 80°C; 2. Destillation: 250°C) gereinigt.

Ausbeute: 48 g (73%)

15

$^1\text{H NMR}$ (CDCl_3): [ppm] δ = 7.83 (d, 2 H, HA, J = 8 Hz), 7.55 (dd, 2 H, H-3, J_1 = 1 Hz, J_2 = 8 Hz), 7.38 (d, 2 H, H-1, J = 2 Hz), 7.02 (m, 4 H, H-2", H-3', H-4'), 6.92 (s (br), 1 H, H-6'), 6.77 (Teil eines AA'BB', 2 H, H-3"), 3.90 (m, 2 H; OCH_2), 2.17 (s, 3 H, Me), 1.80 (m, 1 H), 1.65 (m, 3 H), 1.38 (s (br), 3 H, Me), 1.30 (m, 3 H); 1.16 (m, 3 H), 0.93 (d, 3 H, CH_3 , J = 6.6 Hz), 0.86 (d, 6 H; $2 \times \text{CH}_3$, J = 6.7 Hz).

20

2. Herstellung weiterer Comonomere

Beispiel CM1

Darstellung von 2,7-Dibrom-9,9-bis-(2-ethylhexyl)fluoren

25

Die Darstellung erfolgte in Analogie zu Beispiel 1 in WO 97105184. Das Produkt (84% Ausbeute) konnte durch doppelte Destillation an einem Kurzwegverdampfer [10^{-3} mbar; 1. Destillation (zum Abtrennen überschüssigen Ethylhexylbromids und restlichem DMSO) 100°C; 2. Destillation: 155°C] als hochviskoses hellgelbes Öl gewonnen werden.

$^1\text{H NMR}$ (CDCl_3): [ppm] δ = 7.54–7.43 (m, 6H, H-Aryl); 1.93 (d mit Fs., 4 H, J = 4.0 Hz); 1.0–0.65 (m, 22H, H-Alkyl); 0.58–0.45 (m, 8H, H-Alkyl).

30

Beispiel CM2

Darstellung von 9,9-Bis-(2-ethylhexyl)fluoren-2,7-bisboronsäure-bisglykolester

35

Magnesium (6.32 g, 0.26 mol) wurde in 10 ml THF vorlegt, mit etwas Iod versetzt und ein paar Tropfen 2,7-Dibrom-9,9-bis-(2-ethylhexyl)fluoren zugegeben. Das Anspringen der Reaktion war durch starke Exothermie erkennbar. Anschließend wurde parallel die restliche Menge des Bisbromids (insgesamt 68.56 g, 0.125 mol) und 300 ml THF zugegetropft. Nach Beendigung der Zugabe wurde für ca. 5 h refluxiert. Es waren nur noch geringe Mengen Mg-Späne zu erkennen.

40

Parallel dazu wurde Borsäuretrimethylester (28.6 g, 0.27 mol) in THF (200 ml) vorgelegt und auf -70°C gekühlt. Bei dieser Temperatur wurde die Grignardlösung langsam zugegetropft. Anschließend wurde langsam über Nacht unter Rühren auf Raumtemperatur erwärmt.

Die Reaktionslösung wurde auf 300 ml Eiswasser und 10 ml Schwefelsäure conc. gegeben und die organische Phase abgetrennt. Die organische Phase wurde noch einmal mit Wasser gewaschen (neutral). Nach Trocknung über Na_2SO_4 wurde einrotiert. Das Rohprodukt wurde mit Hexan (500 ml) ausgerührt. Dadurch wurde die rohe Bisboronsäure (diese enthält variable Mengen verschiedene Anhydride) erhalten.

45

Diese wurde direkt durch Refluxieren (12 h) in Toluol mit Ethylenglykol und Schwefelsäure am Wasserabscheider verestert.

50

Ausbeute über beide Stufen: 70–85%. Reinheit (NMR) >98.5%

$^1\text{H NMR}$ (CDCl_3): (NMR-Signale stark verbreitert bzw. verdoppelt wg. Diastereomerie) δ = 7.86 (m, 2 H, H-1); 7.79 (m, 2 H, H-3); 7.73 (d, 2 H, HA, J = 8 Hz); 4.38 (s (br), 8 H, O-CH_2); 2.02 (m, 4 H, C-CH_2); 0.75 (m (br), 22 H, H-Alkyl); 0.47 (m (br), 8 H, H-Alkyl).

55

B) Synthese der Polymere

Beispiel P1

Copolymerisation von 9,9-Bis(2-ethylhexyl)fluoren-2,7-bisboronsäurebisglykolester und 2,7-Dibrom-9-(2,5-dimethylphenyl)-9-[4-(3,7-dimethyloctyloxy)phenyl]fluoren durch Suzuki-Reaktion (Polymer P1)

60

13.21 g (20 mmol) 2,7-Dibrom-9-(2,5-dimethylphenyl)-9-[4-(3,7-dimethyloctyloxy)phenyl]fluoren und 11.61 g K_2CO_3 (84 mmol) wurden in 25 ml Toluol und 25 ml Wasser gelöst und mit N_2 begast. Anschließend wurden 7.743 g (14.6 mmol) 9,9-Bis(2-ethylhexyl)fluoren-2,7-bisboronsäure-bisglykolester sowie 200 mg $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_4$ (0.17 mmol) unter Schutzgas zugegeben. Die gelb-bräunliche, trübe Suspension wurde unter N_2 -Überlagerung bei 87°C Innentemperatur kräftig gerührt. An den folgenden drei Tagen wurde jeweils 1.11 g (2.1 mmol) des Diboronsäureesters zugegeben. Nach 3 Tagen wurde zu der sehr viskosen Mischung weitere 25 ml Toluol zugegeben. Nach insgesamt 4 Tagen wurde aufge-

65

arbeitet.

Die Reaktionslösung wurde mit 150 ml Toluol verdünnt, die Lösung wurde mit 200 ml 2% wäßriger NaCN 3 h ausgeführt. Dabei hellte sich die Mischung nahezu vollständig auf. Der Ansatz wurde unter Schutzgas in einen Scheidetrichter überführt. Die organische Phase wurde mit H₂O gewaschen und durch Zusetzen in 500 ml Ethanol gefällt.

- 5 Das Polymer wurde in 635 ml THF 1 h bei 40°C gelöst und mit 640 ml MeOH ausgefällt, gewaschen und unter Vakuum getrocknet (10.13 g). In 405 ml THF/ 400 ml Methanol wurde ein weiteres Mal umgefällt, abgesaugt und bis zur Massenkonzanz getrocknet. Man erhielt 7.55 g (42%) des Polymeren P1 als leicht gelben Feststoff.

¹H NMR (CDCl₃): [ppm] δ = 8.1–6.3 (m, 19 H, H-Fluoren, H-Phenyl); 4.0 (m, 2 H, OCH₂); 2.3–0.4 (m, 59 H, Alkyl + Alkoxy-H).

- 10 GPC: THF+0.25% Oxalsäure; Säulensatz SDV 500, SDV 1000, SDV 10.000 (Fa. PPS), 35°C, UV Detektion 254 nm: M_w = 156.000 g/mol, M_n = 88.000 g/mol.

UV-Vis (Film): λ_{max} = 372 nm

PL (Film): λ_{max} = 413 nm, 433 nm

15

Vergleichsbeispiele

Beispiel V1

- 20 Suzuki-Polymerisation von 2,7-Dibrom-9,9-bis(2-ethylhexyl)fluoren und 9,9-Bis(2-ethylhexyl)fluoren-2,7-bisboronsäurebisglykolester (Polymer V1), Herstellung von Poly-2,7-[9,9-bis(2-ethylhexyl)fluoren]

- 8.227 g (15.00 mmol) 2,7-Dibrom-9,9-bis(2-ethylhexyl)fluoren, 7.956 g (15.00 mmol) 9,9-Bis(2-ethylhexyl)fluoren-2,7-bisboronsäurediethylenglykolester, 8.71 g (63 mmol) K₂CO₃, 25 ml Toluol und 15 ml Wasser wurden 30 min durch Durchleiten von N₂ entgast. Anschließend wurden 230 mg (0.2 mmol) Pd(PPh₃)₄ unter Schutzgas zugegeben. Die Suspension wurde unter N₂-Überlagerung bei 87°C Innentemperatur (leichter Rückfluß) kräftig gerührt. Nach 2 Tagen wurden weitere 20 ml Toluol zugegeben, nach weiteren 2 Tagen wurden weitere 0.20 g 9,9-Bis(2-ethylhexyl)fluoren-2,7-bisboronsäurediethylenglykolester zusetzen. Nach weiteren 6 Stunden wurden 0.5 ml 4-Bromfluorbenzol zugesetzt und noch 3 h zum Rückfluß erhitzt.

- Die Aufarbeitung erfolgte wie unter Beispiel P1 angegeben. Man erhielt 3.85 g (9.9 mmol, 33%) des Polymers V1 als leicht beigen Feststoff.

¹H NMR (CDCl₃): [ppm] δ = 7.9–7.3 (m, 6 H, H-Arom); 2.15 (br. s, 4H, C(9)-CH₂); 1.1–0.4 (m, 30 H, H-Alkyl).

GPC: THF+0.25% Oxalsäure; Säulensatz SDV 500, SDV 1000, SDV 10.000 (Fa. PPS), 35°C, UV Detektion 254 nm:

M_w = 70000 g/mol, M_n = 34000 g/mol.

UV-Vis (Film): λ_{max} = 376 nm

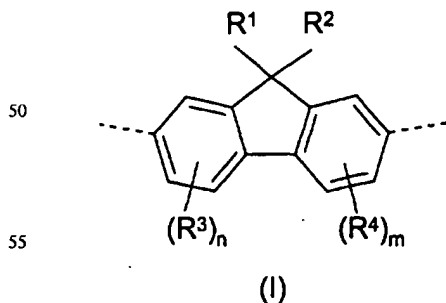
- 35 PL (Film): λ_{max} = 420 nm, 444 nm

C) Messungen

- 40 Während Polymer V1 in einer typischen EL-Vorrichtung grün-gelbe Emission ergab (Maximum bei ca. 540 nm) zeigte das erfindungsgemäße Polymer P1 kräftig blaue Lumineszenz (Wellenlänge bei ca. 460 nm). Diese Farbe blieb auch während eines längeren Beobachtungszeitraums konstant.

Patentsprüche

- 45 1. Konjugierte Polymere, die Struktureinheiten der Formel (I),



- 60 worin
R¹, R² zwei verschiedene Substituenten aus der Gruppe C₂-C₄₀-Heteroaryl, C₅-C₄₀-Aryl darstellen; wobei die vorstehend genannten Aryle und/oder Heteroaryle mit einem oder mehreren Substituenten R³ substituiert sein können, R³, R⁴ gleich oder verschieden C₁-C₂₂-Alkyl, C₂-C₂₀-Heteroaryl, C₅-C₂₀-Aryl, F, Cl, CN, SO₃R⁵, NR⁵R⁶; dabei können die Alkylreste verzweigt oder unverzweigt sein oder auch Cycloalkyle darstellen; und einzelne, nicht benachbarte CH₂-Gruppen des Alkylrestes durch O, S, C=O, COO, N-R⁵ oder auch einfache Aryle ersetzt sein können, wobei die vorstehend genannten Aryle mit einem oder mehreren weiteren nichtaromatischen Substituenten R³ substituiert sein können,
65 R⁵, R⁶ gleich oder verschieden H, C₁-C₂₂-Alkyl, C₂-C₂₀-Heteroaryl, C₅-C₂₀-Aryl; dabei können die Alkylreste verzweigt oder unverzweigt sein oder auch Cycloalkyle darstellen; und einzelne, nicht benachbarte CH₂-Gruppen des

Alkylrestes durch O, S, C=O, COO, N-R⁵ oder auch einfache Aryle ersetzt sein, wobei die vorstehend genannten Aryle mit einem oder mehreren nichtaromatischen Substituenten R³ substituiert sein können, und m, n jeweils eine ganze Zahl 0, 1, 2 oder 3 ist, enthalten.

2. Polymer gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß es mindestens 10 Mol-% an Struktureinheiten der Formel (I) statistisch, alternierend, periodisch, oder in Blöcken eingebaut enthält.

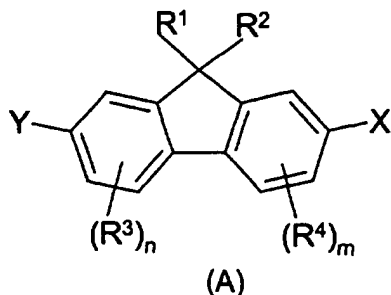
3. Polymer gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß es 10 bis 10.000 Wiederholeinheiten der Struktureinheit der Formel (I) aufweist.

4. Polymer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß m und n gleich null sind.

5. Verwendung des Polymeren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4 als organischer Halbleiter und/oder als Elektrolumineszenzmaterial.

6. Elektrolumineszenzvorrichtung enthaltend ein Polymer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4.

7. Verbindungen der Formel (A)



worin

R¹, R² zwei verschiedene Substituenten aus der Gruppe C₂-C₄₀-Heteroaryl, C₅-C₄₀-Aryl darstellen; wobei die vorstehend genannten Aryle und/oder Heteroaryle mit einem oder mehreren Substituenten R³ substituiert sein können, R³, R⁴ gleich oder verschieden C₁-C₂₂-Alkyl, C₂-C₂₀-Heteroaryl, C₅-C₂₀-Aryl, F, Cl, CN, SO₃R⁵, NR⁵R⁶; dabei können die Alkylreste verzweigt oder unverzweigt sein oder auch Cycloalkyle darstellen; und einzelne, nicht benachbarte CH₂-Gruppen des Alkylrestes durch O, S, C=O, COO, N-R⁵ oder auch einfache Aryle ersetzt sein können, wobei die vorstehend genannten Aryle mit einem oder mehreren nichtaromatischen Substituenten R³ substituiert sein können,

R⁵, R⁶ gleich oder verschieden H, C₁-C₂₂-Alkyl, C₂-C₂₀-Heteroaryl, C₅-C₂₀-Aryl; dabei können die Alkylreste verzweigt oder unverzweigt sein oder auch Cycloalkyle darstellen; und einzelne, nicht benachbarte CH₂-Gruppen des Alkylrestes durch O, S, C=O, COO, N-R⁵ oder auch einfache Aryle ersetzt sein, wobei die vorstehend genannten Aryle mit einem oder mehreren nichtaromatischen Substituenten R³ substituiert sein können, und m, n jeweils eine ganze Zahl 0, 1, 2 oder 3 ist,

X, Y gleich oder verschieden Halogen, B(OR⁷)₂ oder SnR⁷R⁸R⁹

R⁷, R⁸, R⁹ gleich oder verschieden H, C₁-C₆-Alkyl, wobei zwei Reste auch einen gemeinsamen Ring bilden können und diese Reste auch verzweigt oder unverzweigt sein können.

- Leerseite -